

## Kukoricagyökerek kénanyagcseréjének vizsgálata

FEJÉRNÉ KOSSEY OLGA

*Eötvös L. Tudományegyetem Növényélettani Intézete,  
Budapest*

A gyökerekben lejátszódó életfolyamatok vizsgálata mindinkább a növényfiziológusok érdeklődésének homlokterébe kerül. Ennek a megnövekedett érdeklődésnek az az oka, hogy a növények gyökerében végbemenő szintetikus folyamatokat mind behatóbban tanulmányozzák. Ma már számos, a gyökérben szintetizálódó vegyületről tudunk, de ezek között kén tartalmú vegyületeket csak néhány éve mutattak ki [16, 18]. A kén-anyagcsere tanulmányozásának jelentősége jelentősen megnövekedett a nagy fiziológiai aktivitású organikus kénvegyületek, a tiamin, biotin, A-koenzim, aktív-metionin, aktív-szulfát stb., továbbá a szulfhidril-enzimek felfedezése óta.

Ezeket a vizsgálatokat azonban szinte kizárólag levelekkel, általában földfeletti szervekkel végezték. A gyökerek kénanyagcseréjére vonatkozóan aránylag kevés ismerettel rendelkezünk, holott a kén és kénvegyületek növény-táplálkozási szerepének tanulmányozása nem egyszerű tudományos feladat csupán, hanem a növénytermelésnek időszerűvé vált, szükséges követelménye. Az utóbbi évek szakirodalmának áttekintése után nyugodtan állíthatjuk, hogy ma már a múlté az a téves elképzelés, mely szerint minden talajban elegendő kén áll rendelkezésre a növények számára. Különösen időszerű ennek a kérdésnek felülvizsgálata hazánkban ma, a szocialista nagyüzemi mezőgazdaság intenzív fejlődésének és az öntözéses gazdálkodás egyre nagyobb térhódítása idején. Hazai irodalmunkban csak igen szórványosan találkozunk a kén-tartalmú trágyázószerek termésfokozó hatását elemző dolgozatokkal [pl. 28]. Az elméleti növényélettani és növénybiokémiai irodalomban is lényegében csak a legutóbbi években találunk hazai dolgozatokat, amelyekben a kén-anyagcsere egyes komponenseivel foglalkoznak [16, 17, 18, 40, 41, 42, 43, 44].

A gyökerek kén-anyagcseréje dinamikájának tanulmányozása céljából egyik legfontosabb kultúrnövényünket, a kukoricát választottam kísérleti növénynek, mert a kukoricagyökerek életfolyamatait a könnyezési nedv elemzése segítségével korábban már behatóan vizsgálták [14, 16, 17, 18, 19, 38, 39, 42, 43].

Ebben a közleményben a kukorica-gyökérszövetek kén-anyagcseréjét jellemző néhány mutatónak (összes kén-tartalom, összes titrálható SH-tartalom, szabad metionin- és glutationtartalom) a csírázási fázis alatt bekövetkezett változását tükröző adataimat teszem közzé. Vizsgálataimat csak a csírázási szakaszra korlátozottan végeztem.

### Anyag és módszer

1. Valamennyi vizsgálatomhoz a „Martonvásári FB” kukorica fajtát alkalmaztam. A teljesen ép, közelítőleg egyenletes nagyságú kukoricaszemeket a szokásos brómos vizes sterilizálás, mosás, majd 4 órás duzzasztás után Petri-csészékben, nedves szűrőpapíron egyenletesen szétosztva, 27 C°-os termosztátban, sötétben, 2 napon át csíráztattam.

A kétnapos csíranövények közül azokat, amelyeket továbbtenyészteni kívántam, vízkultúrába tettem át. A víztenyésztésben a növények normális napi megvilágítás mellett, diffúz fényben, 22–25 C°-os hőmérsékleten, üvegházban nőttek a feldolgozás napjáig. A vizet naponta cseréltem, külön szellőztetést nem alkalmaztam.

Kísérleti növényeimet minden vizsgálatához tiszta vízvezetéki vizen tenyésztettem. A csíranövények egy részét közvetlenül a csíráztatás után 2 napos korban, a többiokat folyamatosan 4, 6 és 8 napos korban dolgoztam fel. Véleményem szerint a vizsgált mutatók kétnaponkénti elemzése jó tájékoztatást nyújt azok változásának irányáról, dinamikájáról a fejlődés legkorábbi szakaszán, amit az irodalmi adatok is tanúsítanak. [Pl. 14, 22, 32, 39 stb.] Minden esetben a főgyökér (első csíragyökér) 3 mm-es gyökércsúcsi részét és a gyökérszűrős zóna közepéből kivágott 5 mm-es szegmentumokat analizáltam.

A megfelelő korú csíranövények közül kiválogattam a közel egyenletesen fejlett, hibátlan egyedeket, és az egyes vizsgálatoktól függő számban feldolgoztam azokat. A gyökérszegmentumok le-, illetve kivágásához az Intézetünkben alkalmazott speciális vágóeszközöket használtam.

#### Friss-súly meghatározása

A vizsgálatra kerülő 3 mm-es gyökércsúcsokat és 5 mm-es gyökérszűrős zóna darabkákat előre lemért mérőedényekbe téve analitikai mérlegen lemértem friss súlyukat. Friss-súly adataim több ezer gyökércsúcs és gyökérszűrős zóna darabka lemeréséből adódó átlagadatok.

#### Szárazsúly meghatározása

A szárazsúlyt BROWN és BROADBENT [8] módszere szerint határoztam meg. A friss-súly megállapítása után az edénykéek fedelét levéve, a mintákat 3 órán keresztül 80°-ra beállított szárítószekrényben tartottam, majd kihűlés után analitikai mérlegen lemértem. Ez a módszer ilyen kisméretű növényi anyag szárazsúlyának meghatározására alkalmazhatóbb, mint az általában alkalmazott 105°-on történő szárítás, mert ilyen módon a mélyrehatóbb átalakulások, bomlás, karamellizálódás elkerülhető. Szárazsúly adataim — hasonlóan a nyers súlyokhoz — szintén több ezer gyökérrész lemeréséből származó átlagadatok.

#### Sejtszám meghatározása

Ahhoz, hogy kapott adataimat minél több szempontból értékelni tudjam, és a vizsgált gyökérrészek egy-egy „átlagos” sejtjére vonatkoztathassam, szükségesnek tartottam a vizsgált gyökérrészekben levő sejtek számának meghatározását is.

A sejtszám meghatározásokat BROWN [8, 10], Intézetünkben némileg módosított [13] módszere szerint végeztem. A négy vizsgálati időpontban (2, 4, 6 és 8 napos korban) levágott gyökérrészeket 2 ml 2% jégocetet tartalmazó 10%-os krómsavban 24 óráig állni hagytam. Ezután a mintát  $\frac{1}{2}$  órára 100 C°-os szárítószekrénybe helyeztem, kihűlés után kb. 15 db üvegyönggyel 10 percig ráztam, majd 2 ml n NaOH-val alapos össze-rázással semlegesítettem. Az erősen pelyhes szuszpenziót finomra kihúzott kapillárison néhányszor felszívtam. Az így kapott szuszpenzió sokáig nem ülepszik le láthatóan, és haemocytométer segítségével meghatározható belőle az egységnyi térfogatban levő sejtek száma. Egy szuszpenzióból 10 felcseppentést számoltam le, a Bürker-kamra egész osztott mezejét végigvizsgálva. Az egyes felcseppentések eltérése a középértéktől nem haladta meg a  $\pm 5\%$ -ot. A sejtszámlálást Zeiss LgO típusú mikroszkóppal, 15XK okulárral és 40-szeres objektívvel végeztem. Minden sejtszám-adat három ismétlésben, 10–10 párhuzamos számlálásból (150 csíranövény) kapott átlagot jelent.

#### Összekén-tartalom meghatározása

Az összekén-tartalmat BÁLINT és HEGEDŰS [2] báriumkromátos módszerével határoztam meg. Az összekén meghatározására alkalmazott módszerek ismeretében azért választottam ezt a gyors és nem túlságosan munkaigényes, olcsó módszert, mert

összevetve az így kapott adatokat a sokkal munkaigényesebb és drága ROTH-féle módszerrel [48], az egyezéseket jónak találtam. A vizsgálatokat három ismétlésben, 2–2 párhuzamos méréssel végeztem, minden adat tehát hat mérés átlaga, vagyis 150–150 gyökérrész analízisből adódott.

#### *Szulfhidril-tartalom meghatározása*

A szulfhidril-tartalmat argentometrikus titrálással, potenciometrikus végpont-jelzéssel határoztam meg. A számos ismert polarografiás és amperometrikus SH-meghatározási módszer közül [26, 27, 29, 49] azért választottam ezt, az Intézetünkben már kipróbált és kivitelezését tekintve FEJÉR [16] által módosított ROSENBERG, PERRONE és KIRK [47] mikromódszerét, mert ez igen pontos és érzékeny (érzékenység: 0,1–1  $\gamma$  SH/ml) és növényi anyagok vizsgálatakor is jól reprodukálható adatokat szolgáltat [29].

Az SH-meghatározásokat három ismétlésben, 3–3 párhuzamos méréssel végeztem. Minden esetben 50–50 db 3 mm-es gyökérszúcsot és 5 mm-es gyökérszőrös-zóna darabot vágtam le, friss-súlyuk lemérése után Potter–Elvehjem-féle üveghomogenizátorban elhomogenizáltam, majd desztillált vízzel 10 ml-re feltöltöttem. A titráláshoz a homogenizátum centrifugált felülúszójából vettem ki  $\frac{1}{2}$ – $\frac{1}{2}$  ml-t. Az eredmények kiszámításához minden esetben grafikont szerkesztettem a fogyott 0,001 N AgNO<sub>3</sub>-oldat térfogatának és a galvanométer állásának figyelembevételével.

#### *A szabad metionin és a glutation meghatározása*

Tekintettel arra, hogy vizsgálati anyagomban igen sokféle szabad aminosav fordul elő [14, 39] és ezek között a metionin aránylag kevés, ezért olyan meghatározási módszert alkalmaztam, amellyel a metionint és a glutationt vizsgálati anyagomban koncentrálnék. Erre igen alkalmasnak mutatkozott TOENNIES és KOLB [51], valamint IRION és FISCHNICH [23] közleményeinek alapján FEJÉR [16] által módosított eljárás. Az eljárás lényege a következő: a levágott szerveket kb. kétszeres mennyiségű 96%-os alkohollal homogenizáltam, majd centrifugálás után a felülúszót merkuriaacetát és merkuriklorid telített oldatának keverékével addig elegyítettem, míg csapadék képződött. Ismételt centrifugálás után a Hg-komplexből kénhidrogénnel felszabadítottam a metionint és a glutationt (illetve a többi kén tartalmú és bázikus aminosavat és peptidet), a lecentrifugált felülúszót olaj-légszivattyúval szárazra pároltam, majd kétszer desztillált vízzel  $\frac{1}{2}$  ml-re feltöltöttem és ezt a nedvet kromatografáltam.

A kromatografálást metionin esetében Macherey-Nagel 619 EH papíron 80%-os vizes fenol futtatóval körkromatogramon végeztem, a glutation esetében pedig Schleicher–Schüll 2043/B papíron, n-butanol-jégecet-víz 10:1:4, illetve 4:1:1 arányú elegyével, szintén körkromatogramon hajtottam végre. A futtatás közel állandó hőmérsékletű, kb. 18 °C-os helyiségben történt, amely világosságot is csak keveset kapott.

A kromatogramokat kiszáradás után speciális üveg-szórófejből, nitrogénáram segítségével 0,1%-os nínhidrint tartalmazó száraz acetonos oldattal bepermeteztem és 80 °C-on 20 percig előhívtam [31, 50]. Az identifikáláshoz a kromatogram cikkelyeire felváltva a vizsgálati oldatot és az ismert koncentrációjú standard oldatot (Merek-féle metionint, és Hoffmann-La Roche, illetve Light-féle glutationt) cseppentettem fel, esetenként pedig specifikus reakciókat is végeztem CRAMER [12], TURBA [53], BLOCH [4] és WIELAND [55] előírásai szerint. A metionin és a glutation mennyiségi mérését FISCHER és DÖRFEL [20] eljárása szerint végeztem. Előhívás után a metionin- illetve a glutation foltokat rézkomplexben vittem KAWERAN [25] szerint, majd 96%-os alkohollal eluáltam és végül Pulfrich-féle fotométeren, 5 cm-es mikroüvettákban S 53-as szűrővel fotometráltam. Az ismert koncentrációjú metionin- illetve glutation-oldatok extinkció-értékeiből görbét szerkesztettem és ennek alapján olvastam le a vizsgálandó oldat metionin-, illetve glutation-tartalmát. A vizsgálatokat három ismétlésben, legalább 4 párhuzamos méréssel végeztem, tehát minden egyes adat 12 mérés átlaga. A párhuzamos mérések abszolút értékei között legfeljebb  $\pm 8\%$ -os eltérést találtam.

#### **Vizsgálati eredmények és megítézésük**

A vizsgálatok során kapott mérési adatokat az 1. táblázatban, valamint az 1. ábra grafikonjaiban foglaltam össze.

A táblázatban a mért adatokat friss- és szárazsúlyra, valamint a vizsgált növényrészre adom meg. Legjellemzőbbeknek azonban a vizsgált gyökér-

rész egy-egy átlagos sejtjére vonatkoztatott adatokat tekintem, ezért a kísérleti adatok grafikus ábrázolásakor csak a sejtre számított adatokat vettem figyelembe.

#### *Friss- és szárazsúly, valamint a víztartalom és a sejtszám alakulása*

A vizsgált gyökérrészek friss- és szárazsúlyára, valamint a víztartalomra és a sejtszámról vonatkozó adatok a vártnak megfelelően alakultak. A kétnapos korban rövid és tömzsi gyökerek a további fejlődés folyamán megnyúltak és elvékonyodtak, ami megmutatkozik a friss- és szárazsúly, valamint a víztartalom és a sejtszámadatakon is. A közölt adatokból jól látható, hogy a 3 mm-es gyökércsúcsban és az 5 mm-es gyökérszőrös zónában az említett mutatók értéke fokozatosan csökken a tenyésztés 8 napja alatt. Hangsúlyozni kívánom, hogy minden esetben csak a 3 mm-es gyökércsúcsot, illetve az 5 mm-es gyökérszőrös zóna darabkát vizsgáltam, nem pedig a belőlük meghatározott idő alatt kifejlődött növekményt. Vizsgálati adataim tehát a szövetdifferenciálódás azonos fokán levő, azonos hosszmeretű, de eltérő életkorú gyökérrészekre vonatkoznak.

Az észlelt súly- és sejtszámcsökkenéssel kapcsolatban meg kell említenem, hogy külsőleg sem a gyökereken, sem a földfeletti szerveken a károsodásnak vagy az éhezésnek semmiféle jelét sem lehetett megfigyelni. A növények az egész vizsgált időszak alatt (tehát 8 nap folyamán) jól fejlődtek, egészséges, szép zöld színűek voltak.

Fentiek figyelembevételével az észlelt súly- és sejtszámcsökkenést nem a sejtek károsodásának következményeként, hanem természetes jelenségnek tekinthetjük. Hasonló adatokkal az irodalomban nagyon sokszor találkozunk, amikor a szokásos súlyméréseket nem az egész növényre, hanem csak annak egyes szervrészeire vonatkozóan határozzák meg. Így például BURSTRÖM [11] szerint egyes sejtek eredeti hosszúságuknak többszörösét is elérhetik anélkül, hogy szárazanyaguk gyarapodna vagy változna. MARÓTI [32] vizsgálatai alapján szintén arra a következtetésre jutott, hogy a sejtnövekedést egyes esetekben nem követi szükségszerűen anyaggyarapodás.

A vizsgált gyökérrészekben a sejtek megnyúlását sejtszámlálási adataim is igazolják. Ezekből az adatokból is az következik, hogy a fejlődés nyolc napja alatt az azonos hosszmeretű szervrészekben fokozatosan növekszik a sejtek térfogata, amit egyébként a víztartalom adatai is bizonyítanak [46]. Nyilvánvaló tehát, hogy az azonos hosszmeretű gyökérdarabokban a fejlődés előrehaladtával egyre kevesebb lesz a sejtek száma.

Az azonos méretű szervrészek sejtszámának a fejlődés előrehaladtával bekövetkező csökkenését sokan észlelték [pl. 7]. A friss- és szárazsúlyra, továbbá víztartalomra és sejtszámokra vonatkozó adataim egyébként jól egyeznek az irodalomban talált hasonló adatokkal [pl. 9, 46].

#### *Összeskén-tartalom változása*

Ismeretes, hogy valamely elem összes jelenlevő mennyisége keveset mond az adott elemnek a szervezetben, illetve egy-egy szervben vagy szervrészben betöltött metabolikus szerepéről. Nem vonhatók le tehát messzemenő következtetések az összeskén-tartalomnak a fejlődés első nyolc napja folyamán megfigyelt változásából. Mindazonáltal megmértem a vizsgált gyökérrészek összes-

kén-tartalmát, mert a kénanyagcserében fontos szerepet játszó kénvegyületek dinamikája szempontjából nem közömbös, hogy amikor valamelyik általam is mért kénforma mennyisége csökken vagy növekszik, akkor milyen a vizsgált gyökérrész általános kénellátottsága. Másrészt a kén-tartalmú vegyületek változását az összes kén-tartalom százalékában is kifejezem, tehát szükségesnek tartottam közölni a vonatkoztatási alapot is. Végül pedig az általam ismert irodalomban aránylag igen kevés adat található a növények, különösen pedig a gyökerek kén-tartalmáról.

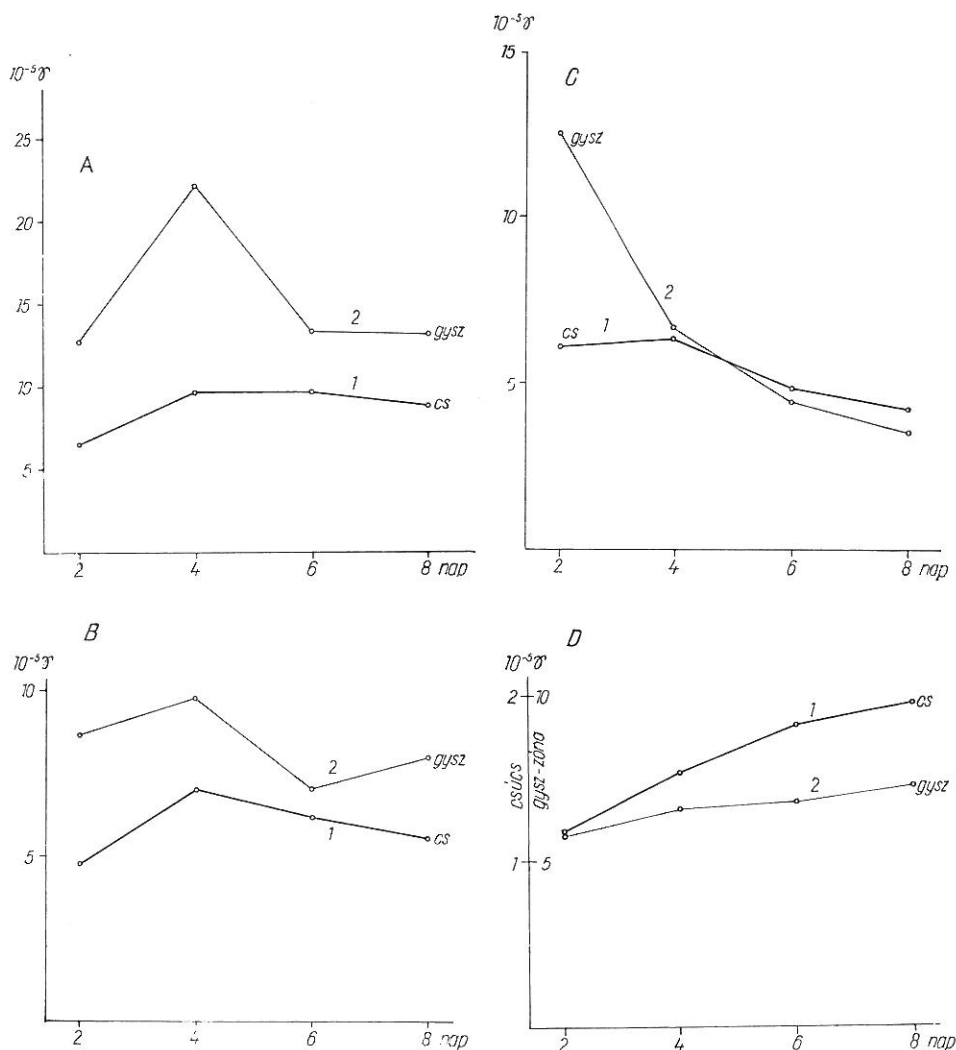
## 1. táblázat

**Kénvegyületek mennyiségi változása a kukorica 3 mm-es gyökércsúcsában és az 5 mm-es gyökérszörös zóna részében a fejlődés első 8 napja alatt**

(1) Vizsgált mutatók	(2) 3 mm-es gyökércsúcs				(3) 5 mm-es gyökérszörös zóna			
	(4) életkor napokban							
	2	4	6	8	2	4	6	8
1. Friss-súly mg .....	2,48	1,81	1,51	1,27	6,32	5,44	3,90	2,80
2. Szárazsúly mg .....	0,42	0,24	0,21	0,16	0,50	0,30	0,20	0,14
3. Víz-tartalom mg .....	2,06	1,57	1,30	1,11	5,82	5,14	3,70	2,66
4. Sejtek száma .....	79 550	78 300	70 800	65 720	40 280	35 440	30 500	27 400
5. Összeskén-tartalom								
a) A vizsgált gyökérrészben, γ	5,22	7,58	6,86	5,85	5,21	8,12	4,08	3,62
b) 1 mg friss-súlyra számítva, γ	2,11	4,22	4,53	4,60	0,83	1,49	1,05	1,29
c) 1 mg szárazsúlyra számítva, γ	12,38	31,15	32,30	36,56	10,40	27,18	20,48	26,81
6. Szulfhidrül-tartalom								
a) A vizsgált gyökérrészben, γ	3,82	5,48	4,41	3,62	3,48	3,45	2,14	2,18
b) 1 mg friss-súlyra számítva, γ	1,54	3,04	2,93	2,86	0,55	0,64	0,55	0,78
c) 1 mg szárazsúlyra számítva, γ	9,06	22,46	20,69	22,65	6,94	11,52	10,77	16,17
d) Sejt-re számított összeskén % -ában .....	70,88	70,04	62,29	59,85	64,73	41,24	50,78	58,51
7. Glutathion tartalom								
a) A vizsgált gyökérrészben, γ	4,81	4,91	3,41	2,78	5,05	2,35	1,35	0,95
b) 1 mg friss-súlyra számítva, γ	1,94	2,71	2,25	2,19	0,79	0,43	0,35	0,34
c) 1 mg szárazsúlyra számítva, γ	11,45	20,45	16,23	17,37	10,10	7,86	6,77	7,03
d) Sejt-re számított összeskén % -ában .....	9,60	6,71	5,17	4,93	10,05	3,00	3,43	2,72
e) Sejt-re számított —SH-tartalom % -ában .....	13,61	9,69	8,36	8,30	15,79	7,36	6,82	4,71
8. Metionin-tartalom								
a) A vizsgált gyökérrészben, γ	0,93	1,21	1,30	1,29	2,32	2,13	2,08	2,01
b) 1 mg friss-súlyra számítva, γ	0,37	0,67	0,87	1,02	0,37	0,39	0,53	0,72
c) 1 mg szárazsúlyra számítva, γ	2,21	5,04	6,19	8,06	4,64	7,10	10,40	14,36
d) Sejt-re számított összeskén % -ában .....	3,81	3,30	4,03	4,70	9,50	5,62	10,90	11,88
9. 1 átlagos sejt összes redukált kén-tartalma az összeskén % -ában .....	74,85	73,37	66,52	64,88	74,30	46,85	61,95	70,24

A közölt adatokból kitűnik, hogy vizsgálati körülményeim között a kukoricagyökerek vizsgált részeiben az összeskén-tartalom maximuma — a szervrészben ténylegesen mért, illetve a mért adatokból a szervrész egy-egy átlagos, „reprezentatív” [46] sejtjére számított adatok szerint — a fejlődés 4. napján figyelhető meg. A 4. napon megfigyelt maximum után — ami nyil-

ván azzal magyarázható, hogy kétnapos korban csíranövényeimet vízvezetéki vízre tettem át, s ez literenként 60–90 mg szulfátiont tartalmazott — az összeskén-tartalom a csúcsban fokozatosan csökken, de a kétnapos értékkel összehasonlítva még a 8. napon is nagyobb értéket mutat. A gyökérszörös zónában a 2.-ról a 4. napra bekövetkező hirtelen növekedést a 4. napról a 6.-ra az összeskén-tartalom ugyancsak gyors csökkenése követi, és a 8. napon ez a viszony-



1. ábra

Az egy sejtre számított kénvegyületek mennyiségének változása a kukorica 3 mm-es gyökércsúcsában (1) és az 5 mm-es gyökérszörös zóna (2) részében a fejlődés első 8 napja alatt  $10^{-6} \text{ g}$ -ban kifejezve. A) Összeskén-tartalom. B) Összessulfhidril-tartalom. C) Glutation tartalom. D) Szabadmetionin-tartalom (a függőleges tengely baloldali számai a gyökércsúcsra, a jobboldaliak a gyökérszörös zónára vonatkoznak)



lag alacsony érték megmarad (lásd az 1. ábra A grafikont). Mindkét görbe egyaránt azt mutatja, hogy a csapvízre való áttétel után a gyökérsejtek összes-kén-tartalma jelentősen megnövekszik. A csúcsi sejtek kén-tartalma lassan, a gyökérszörös zóna sejteké gyorsan csökken a továbbiakban. Ennek a csökkenésnek valószínűleg a kénvegyületek transzlokációja adja magyarázatát. A gyökerekből történő kéntranszlokáció ténye nyilvánvaló, ha figyelembe vesszük a gyökérrendszernek azt az alapvető funkcióját, amely a földfeletti szerveknek a szükséges tápanyagokkal történő ellátásában nyilvánul meg. A kén transzlokációját, illetőleg a gyökérrendszer szerepét a földfeletti szervek kénellátásában igazolják POTAPOV és FEJÉR [40, 42], ill. FEJÉR [16, 17, 18] éppen a kukoricával végzett könnyezettetési kísérletei is. Hasonló észlelésekről számol be MEDVEGYEV [33, 34] babbal végzett kísérletei alapján, valamint BOLLARD [5, 6] kísérleti eredményei is ezt igazolják. RACSINSZKI [45] vizsgálatai szerint a gyökerek (az egész gyökérrendszer) kénkoncentrációja a csírázás 10. napjáig alig változik, inkább kissé csökken, de a kénfelvétel ez alatt az idő alatt is lassan, folyamatosan emelkedik. Tehát itt is a kén transzlokációjának tényével találkozunk éppen a csírázás és fejlődés általam is vizsgált kezdeti szakaszán.

### *Összes titrálható szulfhidriltartalom változása*

Az „összes titrálható szulfhidril-vegyület” alatt olyan szulfhidril-csoportot tartalmazó vegyületeket értünk, amelyek alkalmazott vizsgálati módszeremmel meghatározhatók voltak. Ezek főleg a vízdoldható tiolok, tehát elsősorban glutation, esetleges cisztein stb., de a vízdoldható fehérjékhez kötött -SH-csoportok is ide tartoznak (pl. albuminokban levők). Tekintettel azonban arra, hogy a gyökérhomogenizátumok vizes kivonatát nem deproteineztem, valószínűnek tűnik, hogy a lényegében kolloidális rendszert képező oldatban a vízben nem oldható, de szulfhidrileket tartalmazó fehérjék is jelen voltak.

A kukoricagyökerek csúcsi sejtjeiben a szulfhidril-vegyületek tartalma a csírázás 4. napjáig emelkedik, majd a vizsgált időpont végéig fokozatosan csökken. A gyökérszörös zóna sejtjeiben az összes -SH-vegyület tartalmának mért értékei lényegében ugyanúgy változnak a csírázás első nyolc napja alatt, mint a csúcsban, de a 4. napról a 6. napra a csökkenés sokkal erősebb, mint a többi időpontban (1. ábra B grafikon). Az -SH-vegyületek mennyiségének a csírázás folyamán megfigyelt emelkedését a magban levő kén tartalmú tartalékfehérjék proteolízisével magyarázzák. A csírázás kezdetén, amíg növényeim sötétben csíráztak, nyilvánvalóan lejátszódott a tartalékfehérjék proteolízise, de vizsgálataim ennek az állapotnak csak a végét (a 2. napról a 4. napig terjedő szakaszt) ölelik fel. Annak ellenére, hogy kétnapos korban növényeimet fényre helyeztem és ugyanakkor kevés szulfátot tartalmazó vízvezetéki vízbe kerültek — tehát szulfátot felvehettek, de zöld lomblevelük még nem volt — a tartalékfehérjék mobilizálása még tovább folytatódott (a 4. napig). A 4. napon megfigyelt erős emelkedés azonban aligha magyarázható csak proteolízissel, ehhez már valószínűleg hozzájárult a felvett szulfát redukciójából keletkezett -SH-mennyiség is. A víztenyészetben fejlődő növényeken a 3. napon már rendszerint megzöldültek az elsődleges lomblevelék, megindulhatott a fotoszintézis, tehát nem valószínű, hogy a proteolízis ilyen körülmények között jelentős lehetett volna. A 4. nap után mindkét gyökérrészben csökken a szulfhidril-vegyületek tartalma, hasonlóan ahhoz, amit az összeskén-tartalom változásában megfigyelhettünk. Ezek szerint tehát a vizsgált gyökérrészekben a szulfhidril-

vegyületek mennyiségének dinamikája lényegében követi az összeskén-tartalom dinamikáját. A szulfhidril-kén mennyisége a gyökércsúcs sejtjeiben az összes kénnek 59,85–70,88%-át teszi ki, a gyökérszőrös zónában pedig 41,24–64,73% között ingadozik (lásd az 1. táblázatot).

### *Glutation-tartalom változása*

Mint hogy az előzően tárgyalt szulfhidril-vegyületek mennyisége vizsgálati objektumunkban viszonylag elég magasnak bizonyult, ezért megmértem az egyik legfontosabb szulfhidril-vegyület, a glutation mennyiségének változását a fejlődés első nyolc napja alatt.

Az 1. ábra C grafikonjában közölt adatok szerint a kukorica gyökércsúcsában a glutation mennyisége jelentéktelen kezdeti emelkedés után szintén csökken. A gyökérszőrös zónában a glutation-tartalom csökkenése igen határozott, és végig, vagyis a csírázás 8. napjáig megfigyelhető. Ez a megfigyelésem általában egyezik az irodalomban fellelhető adatokkal. Így például BERSIN [3] szerint a redukált glutation mennyisége a csírázás első napjaiban emelkedik, majd folyamatosan csökken. A csírázás korai szakaszát vizsgálataim nem ölelik fel — ahogy azt már a szulfhidril-vegyületekkel kapcsolatban kifejtettem —, mert vizsgálataimat csak 48 órás sötétben csíráztatás után kezdtem. Lehetséges, hogy ezen, vizsgálataim által fel nem ölelt időpontban a kukorica-gyökerekben is növekszik a glutation-tartalom. Erre enged következtetni a gyökércsúcsban megfigyelt kép, mely szerint a 2. napról a 4. napig a GSH-tartalom kissé emelkedik. Nyilvánvaló, hogy vizsgálataim a csírázásnak azt a szakaszát ölelik fel, amelyben BERSIN [3] szerint a glutation mennyisége már csökken. Bersin ezt az időpontot konkrétan nem határozza meg, s ez amúgy is nagymértékben függ a tenyésztési, csíráztatási körülményektől. KRETOVICSNAK [30] a Bersinénél valamivel korábban megjelent vizsgálatai szerint az általa sötétben csíráztatott kukoricamagvak egyes szerveiben (endospermium, gyököcske, levélkék, pajzsocskák) a szulfhidril gyanánt meghatározott, de GSH-nak számított mennyiség a csírázás első négy napja alatt rohamosan emelkedett. Ezzel kapcsolatban két körülményre hívom fel a figyelmet. Először is Kretovics kísérleti növényeit, vagyis azok egyes szerveit végig sötétben, tehát a fotoszintézis lehetőségének teljes kizárásával csíráztatta. Természetes, hogy ilyen esetben a magvak tartalékتهérjéinek proteolízise igen mély és intenzív. Másodszor Kretovics lényegében nem GSH-t, hanem az -SH-csoportokat határozta meg.

Ha most figyelembe vesszük POTAPOV és FEJÉR [40, 42], illetve FEJÉR [16, 17, 18] vizsgálati eredményeit, melyek szerint a kukoricánövények könnyezési nedvében, tehát a gyökerekből a földfeletti szervek felé továbbított nedváramban, glutation is van, akkor a glutation mennyiség csökkenésének egyik okát ezzel magyarázhatjuk. Az a lehetőség is fennállhat, hogy a GSH mennyisége azért csökken a fejlődés első időszakában, mert belőle más -SH-vegyületek képződnek. Kiszámítottam, hogy a mért GSH mennyisége az ugyanakkor mért összes titrálható -SH-vegyületek mennyiségének hány százalékát képezi (1. táblázat). Amint az adatokból látható, a kukorica csíranövények gyökércsúcsában és gyökérszőrös zónájában vizsgálati körülményeink között a GSH-mennyisége az összes titrálható szulfhidril mennyiségnek csak kis, a 15%-ot meg nem haladó részét képezi. A táblázat adatai azt is mutatják, hogy a mért szulfhidril-kénnek mind kisebb százalékát képezi a glutation,



tehát feltehető, hogy a glutationból más szulfhidril-vegyületek képződnek, illetve, hogy a földfeletti szervekbe transzlokálódik. Eredményeim összhangban vannak azokkal az ismert irodalmi adatokkal, melyek szerint a glutation nagyobb mennyisége a levelekben fordul elő, míg a gyökerekben mennyisége mindig jóval kisebb [24].

#### *A szabadmetionin-tartalom változása*

Vizsgálataim szerint (lásd az 1. táblázatot, illetve 1. ábra D grafikonját) a kukorica gyökércsúcsának és gyökérszőrös zónájának egy-egy reprezentatív sejtjében fokozatosan növekszik a szabadmetionin-tartalom a fejlődés első nyolc napja alatt. Az emelkedés egyformán megnyilvánul, akár a ténylegesen mért adatokat tekintjük, akár az ezekből az egységnyi friss- és szárazsúlyra, illetve egy-egy átlagos sejtre számított adatokat vesszük szemügyre. A gyökérszőrös zónába a szabad-metionin mennyisége jóval nagyobb, mint a gyökércsúcsban (kivéve a friss-súlyra vonatkoztatott értékeket). Az adatokból az is látható, hogy a vizsgált gyökérrészekben a szabad-metionin mennyisége igen kicsi. Ez a tény jól egyezik az ismert irodalmi adatokkal [pl. 36], melyek szerint a növényi szövetekben a szabad-metionin mennyisége — a többi aminosavakéhoz viszonyítva — igen kicsi, és sok esetben nem mérhető, sőt ki sem mutatható. A metodikai részben említett higanyacetátos és higanykloridos lecsapás segítségével — az említett nehézségek ellenére — nemcsak kimutatni, hanem mennyiségileg megmérni is sikerült a vizsgált gyökérrészekben levő szabad-metionint. Tekintettel a metionin rendkívüli biológiai fontosságára, felmerül a kérdés, mi az oka a szabadmetionin-tartalom emelkedésének a csírázás, illetve a fejlődés kezdeti szakaszán? — Az irodalom gondos áttanulmányozása után sem látszik olyan egyszerűen megválaszolhatónak ez a kérdés.

A szabad aminosavak mennyiségének változását a legtöbb szerző a fehérjékbe való beépülésükkel hozza összefüggésbe [pl. 14, 15, 21, 33, 35, 36, 37, 56 stb.]. TOKUNAGA és TOKUOKA [52] rizsszel végzett vizsgálataik alapján azt a következtetést vonták le, hogy a metionin (és a két másik kéntartalmú aminosav) mennyisége fehérje-szintézis hiánya esetén szaporodik fel. Adataim tehát arra utalnak, hogy vizsgálati körülményeim között csíranövényeimben gátolt volt a fehérjeszintézis. Ennek a következtetésnek ellentmondanak azonban itt nem közölt nyers-fehérje-meghatározásaim, melyek szerint a kukorica vizsgált gyökérrészeinek sejtjeiben a 2. napon mért 45,63 gammás nyers-fehérje-tartalom a 8. napon 50,31 gammára emelkedik a gyökércsúcsban, és 72,56 gammáról 75,00 gammára a gyökérszőrös zónában. Kétségtelen, hogy ez a nyers-fehérje-emelkedés igen kismértékű, de a fehérjeszintézis gátolt voltát teljesen kizárja. A kukorica gyökérsejtjeiben megfigyelt szabadmetionin-tartalom gyarapodását valószínűleg azzal magyarázhatjuk, hogy a kukorica fehérjei nem nagyon „metionin-igényesek”, s így a fehérjeszintézis ellenére a sejtek szabadmetionin-tartalma nem csökken, hanem inkább kissé gyarapszik. Ezt a következtetést támogatják a kukorica- és babgyökerekkel végzett szerológiai kísérleteink is [1], melyek szerint határozott különbséget sikerült kimutatnunk a kétféle növény fehérjéinek minősége között. Valószínűnek látszik, hogy ez a minőségi különbség — legalábbis részben — éppen az adott fehérjék metionin-tartalmában nyilvánul meg. Ezt a feltevést valószínűsítik továbbá VOROBJEV [54] babbal és hajdinával végzett kísérletei is, melyekben  $35\text{-SO}_4$ -tal

kimutatta, hogy a kénfelvétel gátlásakor a bablevelek fehérjeszintézisének intenzitása erősen csökkent, míg ugyanakkor a hajdinalevelekben annak ellenére, hogy a kén felvétele, illetve beépülése gátolt volt, a fehérjeszintézis eléggé intenzív maradt. Adataink szerint a vizsgált gyökérsejtek összeskén-tartalmának csak kis százaléka van jelen metionin-kén alakjában (1. táblázat). A gyökércsúcs sejteiben ez az érték 3,30% és 4,70% között, a gyökérszőrös zóna sejteiben pedig 5,62 és 11,88% között ingadozik. Ezek a megállapításaim tehát jól egyeznek a már említett irodalmi adatokkal, melyek szerint a növényi szövetekben a szabadmetionin-tartalom viszonylag alacsony.

### Összefoglalás

A kukoricagyökerekben megvizsgáltam a kénanyagcsere néhány fontos mutatójának alakulását a fejlődés első nyolc napja alatt. A 3 mm-es gyökércsúcsban és a gyökérszőrös zóna közepéből kimetszett 5 mm-es szegmentumban meghatároztam az összeskén-, a titrálható szulfhidril-vegyületek-, a glutation- és a szabadmetionin-tartalmat. Ezeket az egy gyökérrészben mért adatokat a vizsgált gyökérrész egy-egy „átlagos” reprezentatív sejtjére, illetőleg 1 mg friss- és szárazsúlyára vonatkoztatva fejeztem ki. Megállapítottam, hogy:

1. Vizsgálati körülményeink között a kukorica csíranövények 3 mm-es gyökércsúcsának és 5 mm-es gyökérszőrös zóna darabjának friss- és szárazsúlya, valamint víztartalma, illetve sejttszáma a 2. naptól a 8. napig fokozatosan csökken.

2. A vizsgált gyökérrészek összeskén-tartalmának maximuma — a szervrészben ténylegesen mért, és a mért adatokból a szervrész egy-egy átlagos sejtjére számított adatok szerint — a fejlődés 4. napján figyelhető meg, ezután a 8. napig az összeskén-tartalom csökken. Ennek a csökkenésnek valószínűleg a kénvegyületek transzlokációja adja magyarázatát.

3. Az összes titrálható szulfhidril-tartalom alakulása nagyjából követi az összeskén-tartalom változását, és mennyisége annak 40—70%-át teszi ki.

4. A kukorica gyökércsúcsában a glutation mennyisége jelentéktelen kezdeti emelkedés után csökken. A gyökérszőrös zónában a glutation-tartalom csökkenése igen határozott, és végig, a 8. napig megfigyelhető.

5. A gyökércsúcsban a glutation-kén az összes -SH-tartalomnak 8,3—13,6%-át, a gyökérszőrös zónában pedig 4,7—15,7%-át képezi.

6. A vizsgált gyökérrészek szabad metionin-tartalma a fejlődés első nyolc napja alatt fokozatosan növekszik, de végig viszonylag alacsony értéket mutat. A metionin-kén a gyökércsúcsban az összes kénnek 3,3—4,7%-át, a gyökérszőrös zónában pedig 5,6—11,9%-át teszi ki.

7. Az összes redukált kén a sejtek összeskén-tartalmának 64,9—74,9%-át (gyökércsúcs), illetve 46,9—74,3%-át (gyökérszőrös zóna) képezi.

*Érkezett : 1961. április 5.*

### Irodalom

- [1] BACKHAUSZ, R. & FEJÉR-KOSSEY, O.: Immunochemical investigation of bean- and maize-root antigens by means of new gel-diffusion methods. Acta Biol. Acad. Sci. Hung. Suppl. 2. 19. 1958.

- [2] BÁLINT, P. & HEGEDŰS, A.: Klinikai laboratóriumi diagnosztika. Művelt Nép Kiadó. Budapest. 1955.
- [3] BERSIN, TH.: Die Phytochemie des Schwefels. Adv. Enzymology **10**. 223—333. 1950.
- [4] BLOCH, R. J., LESTRANGE, R. & ZWEIG, G.: Paper chromatography, Acad. Press. New York. 1952.
- [5] BOLLARD, E. G.: Nitrogenous compounds in plant xylem sap. Nature **178**. 1189—90. 1956.
- [6] BOLLARD, E. G.: Composition of the nitrogen fraction of apple tracheal sap. Austr. J. Biol. Sci. **10**. 279—287. 1957.
- [7] BROWN, R.: The Effects of Temperature on the Durations of Different Stages of Cell Division in the Root-tip. J. Exp. Bot. **2**. 96—110. 1951.
- [8] BROWN, R. & BROADBENT, D.: The development of cells in the growing zones of the root. J. Exp. Bot. **1**. 249—263. 1950.
- [9] BROWN, R. & CARTWRIGHT, P. M.: The absorption of potassium by the cell apex of the root. J. Exp. Bot. **4**. 197—221. 1953.
- [10] BROWN, R. & RICKLESS, P.: A new method for the study of cell division and cell extension with preliminary observations on the effect of the temperature and nutrients. Proc. Roy. Soc. B. **136**. 110—125. 1949.
- [11] BURSTRÖM, H.: Physiology of root growth. Ann. Rev. Plant Physiology **4**. 237—252. 1953.
- [12] CRAMER, F.: Papierchromatographie. Verlag Chemie. Weinheim. 1953.
- [13] DÉVAY, M.: Szóbeli közlés. 1955.
- [14] DÉVAY, M.: A rizóbiumos fertőzhetőség kialakulása és a nem pillangósokra történő áttelepíthetőségük kérdése. Kandidátusi értekezés. Budapest. 1958.
- [15] DENT, C. E., STEPKA, W. & STEWARD, F. C.: Detection of the free amino-acids of plant cells by partition chromatography. Nature **160**. 682. 1947.
- [16] FEJÉR, D.: A gyökér anyagátalakító tevékenysége különös tekintettel a kén tartalmú származékokra. Kandidátusi értekezés. Budapest. 1956.
- [17] FEJÉR, D.: Schwefelverbindungen im Blutungssaft von Mais und die Änderung ihrer Mengen während der Zuchtsaison. Naturwissenschaften **44**. 405—406. 1957.
- [18] FEJÉR, D.: Quantitative changes during the growing season in the sulfur compounds contained in the bleeding sap of maize. Acta Biol. Acad. Sci. Hung. **9**. 159—197. 1958.
- [19] FEJÉR, D. & KÓNYA, É.: Vorkommen von zwei Peptiden im Blutungssaft von Mais. Naturwissenschaften **45**. 387—388. 1958.
- [20] FISCHER, F. G. & DÖRFEL, H.: Zur quantitativen Auswertung der Papierchromatogramme Eiweiss-Hydrolysaten. Biochem. Z. **342**. 544—560. 1953.
- [21] GALE, E. F. & FOLKES, J. P.: The assimilation of aminoacids by bacteria. 14. Nucleic acid and protein synthesis in Staphylococcus aureus. Biochem. J. **53**. 483—492. 1953.
- [22] HOROVITZ, C.: Date despre conținutul în zaharuri și aminoacizi al plantulelor de orz în perioada germinării. Studii și cercetări biol. Acad. RPR., Ser. biol. veget. **10**. 187—203. 1958.
- [23] IRION, W. & FISCHNICH, O.: Über stoffliche Umwandlungen in Rindite behandelten Kartoffelknollen in den einzelnen Phasen der Keimung. Z. PflErnähr. Düng. **59**. 248—267. 1952.
- [24] KARABANOV, JU. V.: Vpliv margancju na dinamiku ta vmiszt gljutationu v hmeli. Dopovidi AN USSR, **10**. 1162—1165. 1959.
- [25] KAWERAN, E. & WIELAND, TH.: Conservation of aminoacid chromatograms. Nature. **168**. 77. 1951.
- [26] KOLTHOFF, J. M. & HARRIS, W. E.: Amperometric titration of mercaptans with silver nitrate. Anal. Chem. **18**. 161—162. 1946.
- [27] KOLTHOFF, J. M. & LINGHEIM, J.: Poljarografija. Goszhimizdat. Moszkva. 1948.
- [28] KOSUTÁNY, T.: A kén terméskozó hatása. Köztelek **13**. 193. 1913.
- [29] KOTLAR, G. I.: Amperometriceskoe opredelenie szulfidrilnih grupp pri proteolize zerna. Biohimija. **24**. 15—18. 1959.
- [30] KRETOVICS, V. L., BUNDEL, A. A. & DROZDOVA, T. V.: Szulfidrilnűe szoedinenija i askorbinovaja kislota v prorasztajuscem i szozrevajuscem szemeni. Biohimija **13**. 332—336. 1948.
- [31] LINSKENS, H. F.: Papierchromatographie in der Botanik. Springer Verlag. Berlin. 1955.
- [32] MARÓTI, M.: Die Physiologischen Unterschiede in der Wurzel und im Spross der Keimpflanze. Ann. Univ. Sci. Budapest. Sect. Biol. **2**. 141—195. 1959.

- [33] MEDVEDEV, Zs. A. & FEDOROV, E. A.: Lokalizacija szinteza belka v rasztitel'nüh tkanjah. *Fiziol. rasztenij* **3**. 547—553. 1956.
- [34] MEDVEDEV, Zs. A.: Raszpredelenie mecsenüh  $S^{35}$  vescsesztv szemjan faszoli v belkah i organah rasztenij novogo pokolenija v tecsenie vszego perioda ih razvitija. *DAN SSSR*. **114**. 379—382. 1957.
- [35] MIETTINEN, J. K.: Assimilation of amino acids in higher plants. (In: Symposia of the Society for Experimental Biology, No XIII. Utilisation of nitrogen and its compounds by plants. University Press, Cambridge. 210—229.) 1959.
- [36] PEACH, K.: Stoffwechsel organischer Verbindungen II. *Fortschritte der Botanik* **17**. 578—620. 1955.
- [37] PFENNIG, N.: Freie und gebundene Aminosäuren in knöllchentragenden und knöllchenfreien Erbsenpflanzen verschiedener Altersstadien. *Arch. Mikrobiologie* **24**. 8—30. 1956.
- [38] POTAPOV, N. G. & DÉVAY, M.: A pillangós és nem-pillangós növények gyökérszövegeinek izoelektromos pontja. *Ann. Biol. Univ. Hung.* **2**. 45—50. 1954.
- [39] POTAPOV, N. G. & DÉVAY, M.: Physiologische Unterschiede zwischen den Wurzeln von Leguminosen und Nichtleguminosen. *Acta Bot. Acad. Sci. Hung.* **2**. 159—169. 1955.
- [40] POTAPOV, N. G. & FEJÉR, D.: O szoedinenijah szerü i piridoksina v paszoke kuhuru-zü. *Veszt. Moszk. Univ.* **12**. 127—131. 1955.
- [41] POTAPOV, N. G. & FEJÉR, D.: A kén szerepe a növények életében I. A növényi kénanyagcsere vizsgálatok mai helyzete. *Agrokémia és Talajtan.* **5**. 37—46. 1956.
- [42] POTAPOV, N. G. & FEJÉR, D.: A kén szerepe a növények életében II. Metionin és glutation előfordulása kukorica könnyezési nedvében. *Agrokémia és Talajtan.* **5**. 47—52. 1956.
- [43] POTAPOV, N. G. & FEJÉR, D.: A kén szerepe a növények életében III. Fluoreszkáló anyagok a kukorica könnyezési nedvében. *Agrokémia és Talajtan.* **5**. 53—56. 1956.
- [44] POZSAR, B.:  $35\text{-SO}_4$  beépülése a szójalevél protein frakciójába. Előadás a IV. Biokémiai Vándorgyűlésen. Keszthely. 1960.
- [45] RACSINSZKI, V. V. & SZINJUHINA, L. A.: Primenenie izotopnogo metoda v issledovanii vüjasznenija vlijanija intenzivnoszti szveta na posztuplenie mineral'nüh vescsesztv v rasztenija, II. Opütü sz izotopom szerü- $35$ . *Izvesztija TSzHA* **12**. 83—98. 1956.
- [46] ROBINSON, E. & BROWN, R.: The development of the enzyme complement in growing root cells. *J. Exp. Bot.* **3**. 356—374. 1952.
- [47] ROSENBERG, SH., PERRONE, J. C. & KIRK, P. L.: Amperometric titration of the sulfhydryl groups. *Anal. Chem.* **22**. 1186—1188. 1950.
- [48] ROTH, H.: Kolorimetrische Bestimmung kleinster Mengen Schwefel. *Mikrochemie* **36—37**. 379—403. 1950.
- [49] RÖHLING, S., PETRÁCKOVÁ, M. & JIROUSEK, L.: Polarografické stanoveni sulfhydrolových látek v biologickém materialu, I. Material rostlinného původu. *Chem. listy* **47**. 1458—1462. 1953.
- [50] SMITH, I.: Colour reactions on paper chromatograms by dipping technique. *Nature* **171**. 43—44. 1953.
- [51] TOENNIES, G. & KOLB, J. J.: Reactions of Methionine and other Amino acids with Mercuric Chloride. *J. Biol. Chem.* **126**. 367—375. 1938.
- [52] TOKUNAGA, I. & TOKUOKA, M.: Influence of sulphur on growth of the rice plant. *V. J. Sci. Soil Tokyo* **28**. 397—401. 1958.
- [53] TURBA, F.: *Chromatographische Methoden in der Protein-Chemie*. Springer Verlag. Berlin. 1954.
- [54] VOROB'EV, F. K.: K voproszu o szelektivnom ingibirovanii 2,4-D szinteza belkov u rasztenij. *Dokl. Moszk. sz.-h. akad. im. K. A. Timirjazeva* **47**. 117—123. 1959.
- [55] WIELAND, TH.: Die Trennung und Bestimmung der natürlichen Aminosäuren. *Fortschr. Chem. Forsch.* **1**. 211—291. 1949.
- [56] WOOD, J. G.: Nitrogen metabolism of higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiology.* **4**. 1—22. 1953.

## ИЗУЧЕНИЕ ОБМЕНА СЕРЫ В КОРНЯХ КУКУРУЗЫ

О. Фейер-Коссей

Кафедра физиологии растений Университета им. Л. Этвёша, Будапешт.

## Резюме

Изучалась динамика нескольких существенных показателей обмена серы в корнях кукурузы, в течение первых 8-ми дней развития. Определялось содержание общей серы, титруемых сульфгидрильных веществ, глутатиона и свободного метионина в 3-х мм-ровом кончике корня и 5-ти мм-ровой части корня, вырезанной из средней части зоны корневых волосков. Полученные данные пересчитаны на одну «общую» клетку исследуемой части корня, а также на 1 мг свежего и сухого веса. Установлено следующее:

1. В применяемых опытных условиях свежий вес, сухой вес, содержание воды и число клеток в 3-х мм-ровом кончике корня и 5-ти мм-ровой части зоны корневых волосков постепенно снижается с 2-го по 8-ой день.

2. Максимум общего содержания серы в исследуемых частях корней — согласно фактически измеренным в данной части органа данным и полученным в результате пересчета на одну «общую» клетку данной части корня — обнаруживается на 4-ый день развития, а затем до 8-го дня общее содержание серы снижается. Это снижение объясняется вероятно передвижением серы в растении.

3. Изменение общего содержания титруемых сульфгидрильных веществ большей частью следует изменению содержания общей серы, и составляет 40—70%-ов последней.

4. Количество глутатиона в кончике корня кукурузы после незначительного повышения снижается. В зоне корневых волосков снижение содержания глутатиона весьма определенное и наблюдается даже по 8-ой день развития.

5. В кончике корня сера глутатиона составляет 8,3—13,6%-ов, а в зоне корневых волосков 4,7—15,7%-ов от общего содержания —SH.

6. Содержание свободного метионина в исследуемых частях корня постепенно повышается в течение первых 8-ми дней развития, но вообще обнаруживает относительно низкую величину. В кончике корня сера метионина составляет 3,3—4,7%-ов, а в зоне корневых волосков 5,6—11,9%-ов от общего содержания серы.

7. Общее количество восстановленной серы составляет 64,9—74,9%-ов (кончик корня) и 46,9—74,3%-ов (зона корневых волосков) от общего содержания серы.

Табл. 1. Количественное изменение серосодержащих соединений в 3-х мм-ровом кончике корня и 5-ти мм-ровой части зоны корневых волосков кукурузы в течение первых 8-ми дней развития. (1) Изучаемые показатели: 1. Свежий вес мг. 2. Сухой вес мг. 3. Содержание воды мг. 4. Число клеток. 5. Общее содержание серы. 6. Содержание сульфгидрильных веществ. 7. Содержание глутатиона. 8. Содержание метионина. 9. Общее содержание восстановленной серы в %-ах от содержания общей серы, в пересчете на 1 клетку. а) В исследуемой части корня. б) в пересчете на 1 мг свежего веса. в) в пересчете на 1 мг сухого веса. д) в %-ах от общей серы в пересчете на одну клетку. е) в %-ах от общего содержания SH в пересчете на одну клетку. (2) 3-х мм-овый кончик корня. (3) 5-ти мм-овая зона корневых волосков. (4) Возраст в днях.

Рис. 1. Изменение количества серосодержащих соединений в клетках 3-х мм-ового кончика корня (1) и 5-ти мм-овой части зоны корневых волосков (2) кукурузы в течение первых 8-ми дней развития, в 10<sup>-5</sup>г. А) Содержание общей серы. В) Общее содержание сульфгидрильных веществ. С) Общее содержание глутатиона. D) Общее содержание метионина (цифры по левой стороне вертикальной оси относятся к кончику корня, а по правой стороне — к зоне корневых волосков).

## Investigations on the Sulfur Metabolism of Maize Roots

O. FEJÉR-KOSSEY

Institute of Plant Physiology, Eötvös L. University, Budapest

### Summary

The changes in some characteristic indices of the sulfur metabolism of maize roots were followed during the first 8 days of seedling development. Total-S, titrimetric sulfhydryl group, glutathione, and free methionine contents were determined in 3 mm apical segments and in 5 mm segments cut out of the middle portion of the root hair zone. The values obtained were expressed as the „average content of a representative root cell” in the zone under investigation and also on fresh and dry weight basis. The following conclusions were drawn:

1. Under the experimental conditions applied, there is a gradual decrease between the second and eighth day of seedling development in the fresh and dry weight of the root zones studied, and in the average number of root cells they are composed of.

2. During this early developmental period there is a maximum of total-S content on the 4th day, both on a cell and a dry or fresh weight basis. The decrease after the fourth day is suggested to be due to the translocation of sulfur compounds.

3. 40 to 70% of the total sulfur content consists of sulfhydryl groups and can be determined titrimetrically. The amount of this fraction is subjected roughly to the same changes as total-S.

4. The quantity of glutathione present in the apical segment decreases after a not highly significant initial rise. The glutathione content of the root hair zone markedly and steadily decreases during the 8-day experimental period.

5. 8.3 to 13.6% of the total-S content of the apical segment is present as glutathione; the corresponding values for the root hair zone are 4.7 and 15.7%.

6. The free methionine content of the root zones studied shows a gradual increase up to the termination of the observations. The absolute values are low, however, increasing from 3.3% to 4.7% in the apical zone, and from 5.6 to 11.9% in the root hair zone.

7. 64.9 to 74.9% of total-S in the apical zone, and 46.9 to 73.3% in the root hair zone is present in the root cells in reduced form.

*Table 1.* Changes in the amounts of some sulfur compounds in different zones of seedling maize root during the first 8 days of its development. (1) The indices studied: 1. fresh weight, mg; 2. dry weight, mg; 3. water content, mg; 4. number of cells per section; 5. total-S content; 6. sulfhydryl; 7. glutathione, 8. methionine content; 9. reduced sulfur in the percent of total-S. *a)*  $\mu$ /root section, *b)*  $\mu$ /mg. fresh wt, *c)*  $\mu$ /mg. dry wt, *d)* % of total-S, *e)* % of total sulfhydryl. (2) Apical zone, age in days. (3) Root hair zone. (4) Age in days.

*Fig. 1.* The changes in the amounts of some sulfur compounds in the representative cells of the root tip (1), and of the root hair zone (2), during the first 8 days of development of maize seedlings. (Abscisse:  $10^{-5}$   $\mu$ /cell, on the left: apical zone; on the right: root hair zone). A) Total-S, B) total sulfhydryl, C) glutathione, D) free methionine.